原著論文

萎凋細菌病抵抗性カーネーション‘花恋ルージュ’の育成経過とその特性

八木雅史・小野崎　隆・池田　広＊・谷川奈津・柴田道夫
山口　隆＊＊・棚瀬幸司・住友克彦・天野正之＊＊

（平成 22 年 7 月 2 日受付　平成 22 年 8 月 16 日受理）

The Breeding Process and Characteristics of Carnation‘Karen Rouge’with Resistance to Bacterial Wilt

Masafumi YAGI, Takashi ONOZAKI, Hiroshi IKEDA, Natsu TANIKAWA, Michio SHIBATA, Takashi YAMAGUCHI, Koji TANASE, Katsuhiko SUMITOMO and Masayuki AMANO

Summary

Bacterial wilt caused by *Burkholderia caryophylli* is one of the most serious diseases of carnation cultivation in Japan. Therefore, we initiated a breeding program for resistance to bacterial wilt in 1988. We conducted continuous crossings and selections for bacterial wilt resistance to develop a carnation having the resistance derived from *Dianthus capitatus* ssp. *andrzejowskianus*. 'Karen Rouge' is the first practical carnation cultivar resistant to bacterial wilt. The mean disease incidence of six resistance tests was 7.1% in 'Karen Rouge', which is clearly more resistant than 'Francesco' (87.0%) and 'Nora' (97.1%). The flower color is deep yellowish red (0707: JHS color chart), almost the same as 'Francesco'. 'Karen Rouge' is a standard type cultivar having a flower diameter of 7.5 cm. The total number of cut flowers/plant is less than 'Francesco' but more than 'Nora'. 'Karen Rouge' has been developed by marker-assisted selection using STS-WG44 marker linked to a major QTL since 2004. To our knowledge, this is the first cultivar produced by marker-assisted selection in carnations.

Key Words: *Burkholderia caryophylli*, *Dianthus*, DNA marker, interspecific cross, marker-assisted selection (MAS)

*　現九州沖縄農業研究センター
**　元野菜・茶業試験場花き部

緒 言

カーネーション萎凋細菌病*は，夏の高温期に発病が多発する立枯れ性の土壌伝染病害であり，日本の暖地におけるカーネーション栽培上最も重要な病害の一つとされている．1960年代には萎凋細菌病をはじめとする立枯れ性病害の蔓延により，日本のカーネーション生産は壊滅の危機に陥ったが，1970年代に無病苗，土壌消毒，隔離ベンチ，清潔な管理などが確立し，被害が軽減した（宇田，2010）．しかし，本病害は一旦発病すると有効な薬剤がないことから，抵抗性品種の開発が強く望まれてきた．（独）農研機構花き研究所（以下花き研）では，前身の農林水産省野菜・茶業試験場花き部時代の1988年から抵抗性検定法の開発に着手し，抵抗性を有する遺伝資源のスクリーニングを行った．その結果，栽培品種の中には抵抗性親として利用できる強度の抵抗性を有した品種は存在しなかった（Onozaki et al., 1999a）．そこで，カーネーションの含まれるダイアンサス属野生種をスクリーニングした結果，有望な抵抗性素材 *Dianthus capitatus* Balbis ex DC. ssp. *andrzejowskianus* Zapal.（以下 *D. capitatus*）を見出した（Onozaki et al., 1999b）．その後，カーネーションとの種間交雑により（Onozaki et al., 1998），強度の抵抗性を有し，形態的特性，生産性等の形質に比較的優れる‘カーネーション中間母本農1号’（以下‘農1号’）を育成し，2000年に種苗登録した（小野崎ら，2002）．‘農1号’は，1997年からこれまでに民間種苗会社，公立試験場，個人育種家を含めて18件の配布を行ってきたが，野生種の性質が強いためか，この素材を利用した実用品種が育成された報告はない．そこで我々は‘農1号’にカーネーション栽培品種・系統を繰り返し交雑することで，*D. capitatus* の強度抵抗性を有し，草姿，形態は既存のカーネーション品種に近づける育種を進めた．

一方，これまで抵抗性の検定には浸根接種による抵抗性検定法（Onozaki et al., 1999a, b）を用いて抵抗性個体の選抜を行ってきたが，検定に必要な数の挿し芽を得るには半年以上生育させる必要があり，さらに抵抗性を判定するには3ヶ月を要する．また，菌の増殖適温は30-33℃であり（後藤，1981, 1990），地温を発病適温に維持するためには特別な装置が必要である．このように浸根接種による抵抗性検定には多大な労力と期間を必要する．そこで，育種の効率化を図るために抵抗性遺伝子の近傍に存在するDNAマーカーの探索に取り組んだ．その結果，バルク法ならびに連鎖地図を用いて，作用の大きなQTL近傍に存在するRAPDマーカーを見出し，そのSTS化に成功した（Onozaki et al., 2004; Yagi et al., 2006）．さらに，STS化したマーカーSTS-WG44が，実際の育種集団において抵抗性個体を選抜する上で非常に有用な選抜マーカーであることを明らかにし（八木ら，2006），2004年の選抜からDNAマーカーによる育種選抜を開始した．

浸根接種法を用いた抵抗性検定による選抜ならびにDNAマーカーSTS-WG44による選抜を組み合わせて，‘農1号’とカーネーションとの交雑をさらに6回行うことで，既存の品種と同等の生育，開花，切り花特性を有し，強い萎凋細菌病抵抗性を有する品種‘花恋ルージュ’を育成したので，ここに育成経過，品種特性を取りまとめて報告する．

本品種の育成については，八木は2003～2009年，小野崎は1991～2009年，山口は1991～1993年，天野は1993年～1994年，池田は1994～2001年，谷川は1999～2006年，柴田は2001～2003年，住友は2004～2006年，棚瀬は2006年～2009年までそれぞれ担当した．

育成経過

1．萎凋細菌病抵抗性検定法

Onozaki et al.（1999a, b）の開発した浸根接種による抵抗性検定法を用いた．B1菌株（（独）農業環境技術研究所より分譲），B2菌株（千葉県農林総合研究センター暖地園芸研究所より分譲）およびB4菌株（兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センターより分譲）を用いて行った．1品種・系統あたり約10本の発根苗を供試し，10^7～10^8 cfu/mLの菌液に30分間浸漬する浸根接種を行い，土壌病害検定装置（OMY 4EB型，小澤製作所）もしくはパイプハウス内の土壌消毒済みの用土に定植した．検定装置では地温を31.5℃に設定し，パイプハウスではハウスの開閉により気温30℃前後を維持した．接種から91日後まで1週間おきに発病して枯死した株数を調査した．各品種・系統の抵抗性は，検定株数に対する91日後の発病株数の割合から発病率を算出して表した．複数回における試験の平均発病率が20％以下の系統を強抵抗性と判定した．

* 病原菌 *Burkholderia caryophylli*（Burkholder）Yabuuchi, Kasako, Oyaizu, Yano, Hotta, Hashimoto, Ezaki and Arakawa により発病．本文中では *Burkholderia caryophylli* と記載．旧学名は *Pseudomonas caryophylli*（Burkholder）Starr and Bulkholder.

2．DNA マーカーによる選抜

供試した DNA マーカーは，萎凋細菌病抵抗性の作用の大きな QTL に 0.7cM で連鎖している RAPD マーカー WG44-1050 を STS 化した DNA マーカー STS-WG44（Onozaki et al., 2004; Yagi et al., 2006）を用いた．Onozaki et al. (2004) の方法に従い PCR 反応を行った．抽出した DNA を鋳型に 94℃：１分の熱変性後，94℃：30 秒，55℃：30 秒，72℃：１分の増幅サイクルを 30 サイクル行い，最後に 72℃：５分の伸長を行う PCR プログラムにより増幅した．反応液の組成は，12 μL の反応液に 10 ng のゲノミック DNA，1 × Ex Taq Buffer（タカラバイオ），0.2 mM 各 dNTPs，1 μM プライマー（各 Forward，Reverse），0.25 unit Ex Taq DNA polymerase（タカラバイオ）を混合して行った．

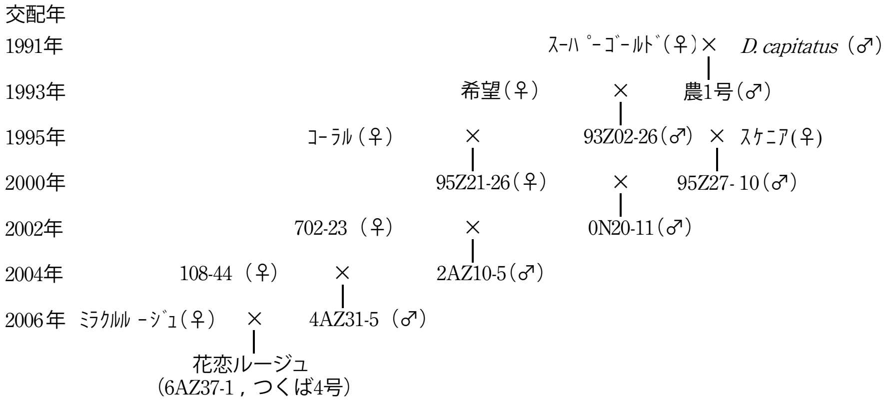
3．各世代の育成経過と萎凋細菌病抵抗性検定および DNA マーカーによる選抜

育成経過をまとめると第１図のようになる．スプレー系品種‘スーパーゴールド’と強抵抗性野生種 *D. capitatus* の種間交雑により育成した‘農１号’と品種・育成系統間の交配をして得た実生について，浸根接種による萎凋細菌病抵抗性検定を行い，２回の試験の平均発病率が 20% 以下であった系統を選抜し，さらに品種・育成系統との交雑を進めた．2004 年の選抜より *D. capitatus* の持つ抵抗性の作用の大きな QTL に連鎖した DNA マーカー STS-WG44 を用いて選抜を行った（第２図）．マーカー選抜後に，実際の病原菌を用いた抵抗性検定を実施し，さらに抵抗性の系統選抜を行った．各世代における選抜概要は以下のとおりである．

1）93Z02-26：1993 年にカーネーション４品種（‘希望’，‘スケニア’，‘コーラル’，‘ホワイトシム’）と‘農１号’を交配して得た 154 実生のうち，‘希望’×‘農１号’の交配から得た，発病率が 20% 以下の強抵抗性系統の一つである（第１表）．

2）95Z21-26，95Z27-10：1995 年春にカーネーション３品種（‘希望’，‘コーラル’，‘スケニア’）と強抵抗性系統 93Z02-26 を交配して得た 141 実生のうち，‘コーラル’および‘スケニア’との交配からそれぞれ得た，発病率が 20% 以下の強抵抗性系統である（第２表）．

3）0N20-11：2000 年の春に，強抵抗性系統同士の交配（95Z21-26 × 95Z27-10）から得た 20 実生のうち，発病



第１図　カーネーション‘花恋ルージュ’の系統図

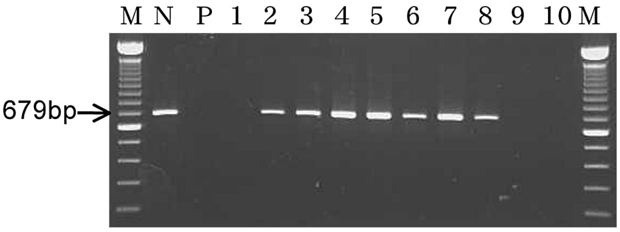
第１表　‘農１号’の後代における萎凋細菌病抵抗性の分離

交配番号	交配組合せ ♀		♂	交配花数	結さく数	種子数[1) 正常	種子数 不完全	種子数 合計	播種数	発芽数	検定数	発病率別実生数 極強 0%	強 1-20%	中 21-40%	弱 41-70%	極弱 71-100%	R：S[2)	抵抗性実生率 (%)[3)
93Z02	希望	×	農1号*	7	7	140	6	146	146	116	98	4	7	15	8	64	11：87	11.2
93Z03	スケニア	×	農1号	5	4	32	8	40	40	33	30	4	1	5	6	14	5：25	16.7
93Z04	コーラル	×	農1号	3	2	0	5	5	5	4	3	0	0	0	1	2	0：3	0.0
93Z05	ホワイトシム	×	農1号	8	2	0	3	3	3	1	1	0	0	0	0	1	0：1	0.0
合計				23	15	172	22	194	194	154	132	8	8	20	15	81	16：116	12.1

1) 正常：黒色に完熟し，充実度も高い種子；不完全：黒色または茶褐色に熟しているが，充実度が低い種子．
2) 抵抗性（発病率20%以下）：罹病性（発病率21%以上）．
3) 各交配組合わせごとの発病率20%以下の実生の割合．
* ‘花恋ルージュ’の育成に関与した組合せ．

率が20%以下の強抵抗性系統14系統のうちの一つである（第3表）.

4）2AZ10-5：2002年春に，花持ち性に優れる花き研育成5品種・系統（62-2，‘ミラクルシンフォニー’，702-23，81-8，85-11）と強抵抗性系統0N20-11を交配して得た218実生の中から，早生性（2003年1月までに開花）および花色・花型から13系統を一次選抜した後，実際の抵抗性検定を行った（第4表）．2AZ10-5は702-23×0N20-11の交配から得た実際の発病率が20%以下の強抵抗性系統であり，STS-WG44マーカーを有していることを確認した.



第2図 萎凋細菌病主働抵抗性に連鎖したSTS-WG44マーカーによる選抜
M：100bpのDNAラダーマーカー，N：抵抗性‘農1号’，P：罹病性‘プリティファボーレ’，1-10：各個体番号．バンドの増幅の認められた2-8を選抜.

5）4AZ31-5：2004年春に，花持ち性に優れる花き研育成2系統（108-44，85-7）と強抵抗性系統2AZ10-5を交配して得た70実生の中から，早生性（2005年1月までに開花）および花色・花型から11系統を一次選抜した．さらに，STS-WG44マーカーを有する9系統をマーカー選抜した．4AZ31-5は108-44×2AZ10-5の後代であり，実際の抵抗性検定においても発病率が20%以下の強抵抗性系統である（第5表）.

（6）‘花恋ルージュ’（旧系統名6AZ37-1，つくば4号）：2006年春に，花持ち性に優れる花き研育成3品種・系統（337-45，‘ミラクルシンフォニー’，‘ミ

第2表 抵抗性系統93Z02-26の後代における萎凋細菌病抵抗性の分離

交配番号	交配組合せ ♀		♂	交配花数	結さく数	種子数[1)] 正常	不完全	合計	播種数	発芽数	検定数	発病率別実生数 極強 0%	強 1-20%	中 21-40%	弱 41-70%	極弱 71-100%	R：S[2)]	抵抗性実生率 (%)[3)]
95Z18	希望	×	93Z02-26	1	1	41	1	42	42	41	35	0	1	2	8	24	1：34	2.9
95Z21	コーラル	×	93Z02-26*	5	5	39	18	57	57	50	40	0	0	5	7	28	0：40	0.0
95Z27	スケニア	×	93Z02-26*	4	4	32	29	61	61	50	36	0	2	10	4	20	2：34	5.6
合計				10	10	112	48	160	160	141	111	0	3	17	19	72	3：108	2.7

1)正常：黒色に完熟し，充実度も高い種子；不完全：黒色または茶褐色に熟しているが，充実度が低い種子.
2)抵抗性（発病率20%以下）：罹病性（発病率21%以上）.
3)各交配組合わせごとの発病率20%以下の実生の割合.
*‘花恋ルージュ’の育成に関与した組合せ.

第3表 抵抗性系統間（95Z21-26×95Z27-10）後代における萎凋細菌病抵抗性の分離

交配番号	交配組合せ ♀		♂	交配花数	結さく数	種子数[1)] 正常	不完全	合計	播種数	発芽数	検定数	発病率別実生数 極強 0%	強 1-20%	中 21-40%	弱 41-70%	極弱 71-100%	R：S[2)]	抵抗性実生率 (%)[3)]
0N20	95Z21-2 6	×	95Z27-10	3	1	23	1	24	24	20	18	10	4	2	0	2	14：4	77.8

1)正常：黒色に完熟し，充実度も高い種子；不完全：黒色または茶褐色に熟しているが，充実度が低い種子.
2)抵抗性（発病率20%以下）：罹病性（発病率21%以上）.
3)発病率20%以下の実生の割合.

第4表 抵抗性系統0N20-11を用いた交配ならびに選抜結果

交配番号	交配組合せ ♀		♂	交配花数	結さく数	種子数[1)] 正常	不完全	合計	播種数	定植数	一次選抜数[2)]	抵抗性検定選抜数[3)]
2AZ08	62-2	×	0N20-11	3	3	39	7	46	46	8	2	1
2AZ09	ミラクルシンフォニー	×	0N20-11	2	2	27	8	35	35	22	4	1
2AZ10	702-23	×	0N20-11*	3	3	114	49	163	163	144	5	1
2AZ11	81-8	×	0N20-11	1	1	6	2	8	8	5	1	0
2AZ12	85-11	×	0N20-11	2	2	40	11	51	51	39	1	0
合計				11	11	226	77	303	303	218	13	3

1)正常：黒色に完熟し，充実度も高い種子；不完全：黒色または茶褐色に熟しているが，充実度が低い種子.
2)早生性（2003年1月までに開花）ならび花色・花型により選抜した実生の数.
3)2回の萎凋細菌病抵抗性検定の発病率が20%以下の系統の数.
*‘花恋ルージュ’の育成に関与した組合せ.

ラクルルージュ’）と強抵抗性系統 4AZ31-5 を交配して得た 56 実生の中から，早生性（2006 年 12 月までに開花）および花色・花型から 4 系統を一次選抜した（第 6 表）．さらに，STS-WG44 マーカーを有する 2 系統をマーカー選抜した．それらの系統の中から，2007 年～ 2008 年の B 4 菌株および B1 菌株を用いた抵抗性検定において 2 回の試験とも無病徴であり（第 7 表），栽培試験における諸形質についても対照品種と同等と思われる系統 6AZ37-1 を優良と認めて選抜し，‘つくば 4 号’の系統名を付与した．2008 年～ 2009 年に系統適応性検定試験ならびに試作栽培を行い，さらに 4 回の萎凋細菌病抵抗性検定を実施した結果，実用性が高いと判定した．そこで，‘花恋ルージュ’の名を付与し，2010 年に種苗登録申請を行った（第 3 図）．‘花恋ルージュ’は花持ち性に優れる品種‘ミラクルルージュ’×強抵抗性系統 4AZ31-5 の交配から得た後代の一つである（第 6 表）．

DNA マーカーを利用した育種選抜技術は MAS（marker-assisted selection）と呼ばれ，日本では，イネにおいて MAS を利用した品種・系統が多数育成されており（安東，2005），‘コシヒカリ’の準同質遺伝子系統である縞葉枯病抵抗性，穂いもち抵抗性を有する‘コシヒカリ愛知 SBL’（杉浦ら，2004）や極早生の‘コシヒカリ関東 HD1 号（竹内ら，2008）などがある．一方で，花きの分野においても MAS を利用した育種選抜効率の向上に対する期待は高く（Debener, 2001; Rajapakse, 2003; 小野崎，2005），ヨーロッパでは，バラにおいて DNA マーカーを利用した黒星病抵抗性品種の育成が試みられている（Debener et al., 2003）．しかし，これまでに実際に MAS を利用して育成された品種は報告されておらず，‘花恋ルージュ’は，少なくともカーネーションでは初めての MAS を利用した品種であり，ゲノム研究のほとんど進展していない花きの分野においては世界的にも極めて先進的な取り組みである．

第 3 図　カーネーション‘花恋ルージュ’の花

第 5 表　抵抗性系統 2AZ10-5 を用いた交配ならびに選抜結果

交配番号	交配組合せ ♀		♂	交配花数	結さく数	種子数[1] 正常	不完全	合計	播種数	定植数	一次選抜数[2]	マーカー選抜数[3]	抵抗性検定選抜数[4]
4AZ31	108-44	×	2AZ10-5*	2	2	68	4	72	72	61	2	1	1
4AZ32	85-7	×	2AZ10-5	1	1	9	0	9	9	9	9	8	7
合計				3	3	77	4	81	81	70	11	9	8

[1] 正常：黒色に完熟し，充実度も高い種子；不完全：黒色または茶褐色に熟しているが，充実度が低い種子.
[2] 早生性（2005年1月までに開花）ならび花色・花型により選抜した実生の数.
[3] 一次選抜した実生のうち主働抵抗性に連鎖したマーカーSTS-WG44により選抜した実生の数.
[4] マーカー選抜した系統のうち，2 回の萎凋細菌病抵抗性検定の発病率が20%以下の系統の数.
* ‘花恋ルージュ’の育成に関与した組合せ.

第 6 表　抵抗性系統 4AZ31-5 を用いた交配ならびに選抜結果

交配番号	交配組合せ ♀		♂	交配花数	結さく数	種子数[1] 正常	不完全	合計	播種数	定植数	一次選抜数[2]	マーカー選抜数[3]	抵抗性検定選抜数[4]
6AZ35	337-45	×	4AZ31-5	1	1	12	5	17	22	13	0	-	-
6AZ36	ミラクルシンフォニー	×	4AZ31-5	1	1	28	0	28	28	16	2	0	-
6AZ37	ミラクルルージュ	×	4AZ31-5*	2	2	40	5	45	50	27	2	2	2
合計				4	4	80	10	90	100	56	4	2	2

[1] 正常：黒色に完熟し，充実度も高い種子；不完全：黒色または茶褐色に熟しているが，充実度が低い種子.
[2] 早生性（2006年12月までに開花）ならび花色・花型により選抜した実生の数.
[3] 一次選抜した実生のうち主働抵抗性に連鎖したマーカーSTS-WG44により選抜した実生の数.
[4] マーカー選抜した系統のうち，2 回の萎凋細菌病抵抗性検定の発病率が20%以下の系統の数.
* ‘花恋ルージュ’の育成に関与した組合せ.

品種特性

1．生育・開花特性

‘花恋ルージュ’と対照品種として‘フランセスコ’，‘ノラ’を供試した．元肥として CDU 化成（$N:P_2O_5:K_2O$ =12:12:12）125 g/m^2，炭酸苦土石灰，ようりんを各 100 g/m^2 を用土に施用した．土壌は蒸気消毒により消毒した．ガラス温室内（花き研栽培第 1 温室）内の 85 cm 幅のドレインベッドに株間 20 cm ×条間 10 cm の 8 条植えとした．2008 年 6 月 9 日に挿し芽した苗を，6 月 30 日に 1 品種あたり 40 株を定植した．7 月 21 日に 5 ～ 6 節目で摘心を行い，8 月の下旬に，摘心後に発生した一次側枝のうち最も伸長の早い 1 ～ 2 本を分枝基部から 6 ～ 7 節目で 2 回目の摘心を行った．追肥は尿素複合液肥（商品名：くみあい液肥 2 号，$N:P_2O_5:K_2O$=10:4:8）の 300 倍希釈液を週 1 回施用した．冬季は最低気温 13℃となるよう加温した．切り花本数の調査は，開花初めより 2009 年 5 月 31 日までとした．特性調査は 2009 年 1 月～ 2 月にかけて行った．

‘花恋ルージュ’の生育特性ならびに切り花品質特性調査結果を第 8 表ならびに第 9 表に示した．‘花恋ルージュ’の開花日は，対照品種‘ノラ’より早く，‘フランセスコ’より遅い中晩生であった．株当たりの切り花本数は‘ノラ’より 1.4 本多く，豊産性の‘フランセスコ’よりは 0.5 本少なかった．花径は 7.5cm であり，大輪品種の‘フランセスコ’，‘ノラ’と同程度であった．がく割れは全く発生しなかった．切り花重，茎径，下垂度は対照品種と同程度であった．以上の結果から，‘花恋ルージュ’は生育・開花特性に関して実用性があると判断した．

2．萎凋細菌病抵抗性

‘花恋ルージュ’と対照品種として‘フランセスコ’，‘ノラ’を供試した．2007 年～ 2009 年にかけて 6 回の萎凋細菌病抵抗性検定試験を実施した．‘花恋ルージュ’は，いずれの試験においても試験終了時の接種後 91 日目にもほとんど枯死する株は見られず，6 回の試験の発病率 0 ～ 19.0％の範囲にあり，平均発病率は 7.1% であった（第 7 表）．一方で，罹病性品種である‘フランセスコ’や‘ノラ’は，病原菌接種後 20 日目ごろから萎凋する株が見られ始め，49 日目にはほぼ完全に枯死した（第 4 図）．

第 7 表　カーネーション‘花恋ルージュ’の萎凋細菌病抵抗性検定結果

品種名	07年10月 B4菌		08年1月 B1菌		08年5月 B2菌		08年10月 B4菌		09年1月 B4菌		09年4月 B1菌		平均
	n	発病率[1]（%）	n	発病率（%）	n	発病率（%）	n	発病率（%）	n	発病率（%）	n	発病率（%）	発病率（%）
花恋ルージュ	10	0.0	10	0.0	21	9.5	21	14.3	10	0.0	21	19.0	7.1
フランセスコ	10	70.0	20	100.0	22	100.0	5	100.0	10	70.0	11	81.8	87.0
ノラ	8	87.5	20	95.0	20	100.0	11	100.0	11	100.0	10	100.0	97.1

[1]接種から91日後の発病率（%）＝枯死株数／検定株数×100.
抵抗性検定は発根苗を10^8cfu/mlの菌液に30分間浸漬し，地温を31.5℃に維持して枯死株数を調査.
B1, B2, B4菌株は農業環境技術研究所，千葉県暖地園芸研究所，兵庫県立淡路農業技術センターよりそれぞれ分譲.

第 8 表　カーネーション‘花恋ルージュ’の生育特性（2008 ～ 2009 年）

品種名	収穫開始日（月/日）	開花日[1]（月/日）	月別株当たり切り花収穫本数（本/株）								合計	がく割れ率（%）
			10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月		
花恋ルージュ	12/15	1/14	0.0	0.0	0.1	0.9	0.5	0.6	1.0	1.4	4.5	0.0
フランセスコ	10/31	12/1	0.0	0.6	0.8	1.0	0.4	0.3	0.5	1.5	5.0	15.4
ノラ	12/4	2/19	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.6	1.2	3.1	2.6

[1]全供試株の40-50%が開花に達した日.

第 9 表　カーネーション‘花恋ルージュ’の切り花品質特性（2008 ～ 2009 年）

品種名	調査時期	花色（JHSカラーチャートによる）	開花時草丈（cm）	花径（cm）	切り花重[1]（g）	茎径[2]（mm）	下垂度[3] 階級値
花恋ルージュ	1～2月	0707　濃橙赤	97.3	7.5	22.0	4.1	2.7
フランセスコ	1～2月	0706　鮮橙赤	102.6	7.6	20.2	4.1	3.1
ノラ	1～2月	0402　淡ピンク	85.6	7.5	27.5	4.5	2.5

[1]側花蕾，側芽を除いた茎長50cmの切り花の重さ.
[2]開花期の第5節間中央部の最大直径.
[3]下垂度は花首から45cmの位置で茎を水平に保ち，花首の位置で向きを変えて茎の基部と花を結ぶ角度を10°刻みで指数化した1（0～10°）～5(40～50°）の階級値.

第４図　カーネーション‘花恋ルージュ’の萎凋細菌病抵抗性検定の発病比較
2009 年 10 月検定開始．Ｂ１菌株使用．Ａ：10 日目，Ｂ：49 日目．
供試品種左から‘ノラ’，‘花恋ルージュ’，‘フランセスコ’．

‘フランセスコ’は, 発病率が 70.0 ～ 100% の範囲にあり，平均発病率 87.0%，‘ノラ’は，発病率が 87.5 ～ 100% の範囲にあり，平均発病率 97.1% であった．

以上の結果から，‘花恋ルージュ’は対照品種に比べて発病率が著しく低く，安定した強い抵抗性を有することが明らかになった．

３．花持ち性

‘花恋ルージュ’と対照品種として‘フランセスコ’，‘ノラ’，‘エクセリア’を供試した．花持ち性の検定は，2009 年 11 月～ 12 月に行った．ガラス温室内のベッドで慣行法により栽培した株から，外花弁が水平状態の開花ステージで採花し，各品種 10 本の切り花を供試した．切り花は，茎長を 50cm に切りそろえた後，基部の着生葉を取り除き，蒸留水１Ｌ入りの容器に挿した．切り花を入れた容器は，気温 23℃，相対湿度 70%，白色蛍光灯により光強度（PPFD）が 10 μ mol･m^{-2}･s^{-1} で 12 時間日長に調節した恒温室内に置き，花持ちを毎日評価した．花持ち日数は，収穫日から観賞価値を失った日までの日数の平均値で示した．さらに，エチレンの作用阻害剤である STS（チオ硫酸銀錯塩；Veen，1979）の薬剤処理による花持ち日数の延長効果についても同様に検討した．STS 処理は，１Ｌの蒸留水に 100mM の硝酸銀溶液５ml と 100mM のチオ硫酸ナトリウム 40ml を混合して作成した 0.5mM の STS 溶液に切り花の基部を２時間浸漬することで行い，処理終了後，切り花を１Ｌの蒸留水入りの容器に移した．

第 10 表　カーネーション‘花恋ルージュ’および対照品種の花持ち日数（日）

品種名	無処理（蒸留水）	STS 0.5mM2h 前処理
花恋ルージュ	13.1±1.3 b	15.2±2.8 a
フランセスコ	8.4±0.5 a	15.3±1.5 a
ノラ	8.2±0.3 a	13.6±1.9 a
エクセリア	6.8±0.2 a	15.5±1.0 a

気温23℃，相対湿度70%，白色蛍光灯により光強度（PPFD）が10 μ mol･m^{-2}･s^{-1} で12時間日長に調節した恒温室内で評価．n=10．値は平均±標準誤差で示す．同一処理区内の異なる英文字間にTukeyのHSD検定による5%水準の有意差あり．

蒸留水に切り花を挿した STS 無処理の条件下では，‘花恋ルージュ’の花持ち日数は 13.1 日であり，対照品種の‘フランセスコ’（8.4 日），‘ノラ’（8.2 日），‘エクセリア’（6.8 日）の花持ち日数に比べて有意に 4.7 ～ 6.3 日長かった（第 10 表）．一方で，STS 処理を行った場合の花持ち日数は，‘花恋ルージュ’，‘フランセスコ’，‘ノラ’，‘エクセリア’で，それぞれ 15.2 日，15.3 日，13.6 日，15.5 日であり，品種間における有意な差は認められなかった．無処理と STS 処理を比較すると，‘花恋ルージュ’は，一般的な品種に STS 処理を行った時と同程度まで遺伝的に花持ち性が向上していることが明らかになった．‘花恋ルージュ’の育成には，2002 年の交配から花き研育成の花持ち性の優れる系統・品種（702-23，108-44，‘ミラクルルージュ’）（小野崎ら，2006）が利用されていることから，花持ち性が向上したと考えられる．しかしながら，‘ミラクルルージュ’，‘ミラクルシンフォニー’よりは花持ち性が劣ることから，安定した花持ち性を確保して流通させるためには，STS 等の薬剤処理が必要であると考えられる．

試験場所における試験成績

１．試験概要

2008 ～ 2009 年に‘花恋ルージュ’の系統適応性検定試験を愛知県農業総合試験場（愛知県長久手町）と育成地である花き研（茨城県つくば市）の２か所で実施し，長崎県農業技術センター（長崎県諫早市），茨城県農業総合センター園芸研究所（茨城県笠間市）の２か所で試作栽培を行った．各試験場所における耕種概要は第 11 表に

示した．対照品種として‘フランセスコ’と‘ノラ’を供試した．

２．生育特性

‘花恋ルージュ’の収穫開始日は‘フランセスコ’と同等もしくは遅く，‘ノラ’と同等もしくはそれより早い傾向があった（第12表）．株当たりの収穫本数は，豊産性品種の‘フランセスコ’と比較すると劣り，‘ノラ’を上回った．がく割れについては，花き研，長崎県では全く発生せず，愛知県，茨城県でも発生率が低かった．

３．品質特性

花径は7.3～8.9cmの大輪で，花色は‘フランセスコ’とほぼ同じ濃橙赤色であった（第13表，第３図）．開花時の草丈は97.3～128.0cmと長く，充分な切り花長を確保できた．下垂度，切り花重は対照品種と同等以上の品質を備えていた．

４．総合評価

各場所の総合評価については，花き研，茨城県，長崎県が対照品種より優れる，愛知県が対照品種と同等という結果であった（第11表）．以上の調査結果をまとめると，‘花恋ルージュ’はいずれの場所においても対照品種と同等以上の形質を備えており，実用性は高いと判断した．

適地および栽培上の留意点

全国のカーネーション生産地で栽培が可能であると判断される．特に病気の発生による被害が予想される暖地における栽培での有利性が期待される．

品種名の由来

萎凋細菌病による‘枯れ’のリスクを軽減することができ，深紅の‘可憐’な赤の花をつけ，当所育成の花持ち性の優れるカーネーション‘ミラクルルージュ’（小野崎ら，2006）の後代に当たることからこの名を付けた．

摘　要

１．‘花恋ルージュ’は，*Dianthus capitatus* ssp. *andrzejowskianus* を育種素材として，カーネーションの栽培品種・系統の交雑と抵抗性検定による選抜を繰り返して育成された実用性のある萎凋細菌病抵抗性カーネーションである．

２．6回の抵抗性検定における平均発病率は7.1％と，‘フランセスコ’（87.0%），‘ノラ’（97.1%）と比べ，極めて強い抵抗性を有する．

第11表　各試験場所における耕種概要

試験場所	試験規模	施設	挿し芽	定植日	摘心（1回半）		栽植様式	定植床	マルチ	加温（最低目標夜温）
					1回目	2回目				
花き研	1区40本	温室	6/10	6/30	7/20	8月下旬	8株植え	隔離ベンチ	無	13℃
愛知県	1区42本	温室	5/27	6/23	7月中旬	8月下旬	変則両2条植え	隔離ベンチ	白黒マルチ	13℃
長崎県	1区36本	温室	5/28	6/18	7月11日頃	9月25日頃	中2条抜き6株植え	隔離ベンチ	白黒マルチ	12℃
茨城県	1区50本	ハウス	6/10	7/11	7/31	9/1，9/12	両1.5条植え	土耕	シルバーマルチ	12℃

第12表　各試験場所におけるカーネーション‘花恋ルージュ’の生育特性（2008～2009年）

試験場所	品種名	収穫開始日（月／日）	開花日[1)]（月／日）	収穫終了時期	月別株当たり切り花収穫本数（本／株）								合計	がく割れ率（%）
					10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月		
花き研	花恋ルージュ	12/15	1/14	5/31	0.0	0.0	0.1	0.9	0.5	0.6	1.0	1.4	4.5	0.0
	フランセスコ	10/31	12/1		0.0	0.6	0.8	1.0	0.4	0.3	0.5	1.5	5.0	15.4
	ノラ	12/4	2/19		0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.6	1.2	3.1	2.6
愛知県	花恋ルージュ	10/10	12/5	5月下旬	0.1	0.3	1.1	1.1	0.7	0.6	0.8	0.7	5.3	-
	フランセスコ	9/23	10/23		1.0	0.9	0.9	0.8	1.1	0.7	1.0	1.7	8.0	-
	ノラ	11/8	12/26		0.0	0.1	0.4	0.6	0.7	0.4	0.6	1.4	4.3	-
長崎県	花恋ルージュ	11/23	-	5/9	0.0	0.1	0.3	0.8	1.7	1.2	1.7	0.5	6.2	0.0
	フランセスコ	10/9	-		0.9	0.6	0.6	0.4	0.6	0.7	0.6	0.2	4.6	14.1
	ノラ	12/9	-		0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	1.2	0.9	0.1	3.2	0.0

1) 全供試株の40～50％が開花に達した日．
茨城県についてはデータ不足のため不記載．

第 13 表　各試験場所におけるカーネーション‘花恋ルージュ’の切り花品質特性（2008 ～ 2009 年）

試験場所	品種名	調査時期	花色 JHSカラーチャートによる		開花時草丈[1)] (cm)	花径 (cm)	切り花重[2)] (g)	下垂度[3)] 階級値	茎径[4)] (mm)	総合評価[5)]
花き研	花恋ルージュ	1～2月	0707	濃橙赤	97.3	7.5	22.0	2.7	4.1	○
	フランセスコ	1～2月	0706	鮮橙赤	102.6	7.6	20.2	3.1	4.1	
	ノラ	1～2月	0402	淡ピンク	85.6	7.5	27.5	2.5	4.5	
愛知県	花恋ルージュ	1月	―		115.7	7.3	22.1	1.6	5.3	△
	フランセスコ	1月	―		114.0	7.4	21.1	1.2	4.9	
	ノラ	1月	―		104.4	7.0	22.1	1.5	5.4	
長崎県	花恋ルージュ	2/18	0707	濃橙赤	128.0	8.9	26.0	1.0	6.4	○
	フランセスコ	12/9	0406	明赤	94.9	9.2	17.6	4.4	3.7	
	ノラ	3/27	0103	ピンク	118.0	8.3	19.6	1.0	3.9	
茨城県	花恋ルージュ	1月	―		71.0	7.3	41.7	1.0	5.3	○
	フランセスコ	1月	―		66.9	8.1	27.3	1.5	4.1	
	ノラ	1月	―		73.0	7.3	39.5	1.0	4.5	

[1)] 愛知は2番花の草丈．茨城については第7節で収穫した時の切り花長.
[2)] 切り花長50cmに調整した時の重さ．茨城については第7節で収穫した時の重さ.
[3)] 花首から45cmの位置で茎を水平に保ち，茎の基部と花を結ぶ角度を10°刻みで指数化した1（0～10°）～5（40～50°）の階級値
[4)] 開花期の第5節間中央部の最大直径.
[5)] ○：対照品種より優れる，△：対照品種と同等，×：対照品種より劣る.

3．‘フランセスコ’とほぼ同じ濃橙赤色（JHS カラーチャート 0707）の単色花であり，花径は 7.5 cm 程度の大輪スタンダード品種である.
4．収穫開始日は‘フランセスコ’に比べて遅く，中晩生である．株当たりの収穫本数は，‘フランセスコ’より少なく‘ノラ’より多い.
5．抵抗性個体を選抜できる DNA マーカー STS-WG44 を用いた予備選抜を 2004 年から導入し，育種選抜の効率化を図った．カーネーションで初めて DNA マーカーを選抜の過程で利用した品種である.

謝　辞

本品種の系統適応性検定試験ならびに試作栽培に当たり，愛知県農業総合試験場，茨城県農業総合センター園芸研究所，長崎県農業技術センターの担当研究員各位の協力を得た．また野菜・茶業試験場非常勤職員の前田咲子氏，田野田貴美子氏，大石ルイ子氏，花き研契約職員の佐瀬由美子氏，松本春美氏，野菜・茶業試験場および花き研研究支援チーム職員各位には本品種の育成に関して，多大なる協力を得た．ここに記してお礼申し上げる.

引用文献

安東郁男．2005. 稲育種における DNA マーカー利用の現状と展望．農林水産研究ジャーナル 28：10-15.

Debener, T. 2001. Molecular tools for modern ornamental plant breeding and selection. Acta Hort. 552：121-127.

Debener, T., B. V. Malek, M. Schreiber and R. Drewes- Alvarez. 2003. Marker assisted background selection for the introgression of black spot resistance into cultivated roses. Europ. J. Hort. Sci. 68：245-252.

後藤正夫．1981．新植物細菌病学．p. 233. ソフトサイエンス社．東京.

後藤正夫．1990．植物細菌病学概論．p. 189. 養賢堂．東京.

小野崎　隆．2005. 花き育種における DNA マーカー研究の現状と展望．農及園．80：23-31.

小野崎　隆・池田　広・柴田道夫・谷川奈津・八木雅史・山口　隆・天野正之．2006. 花持ち性の優れるカーネーション農林 1 号‘ミラクルルージュ’および同 2 号‘ミラクルシンフォニー’の育成経過とその特性．花き研報．5：1-16.

Onozaki, T., H. Ikeda, T. Yamaguchi and M. Himeno. 1998. Introduction of bacterial wilt（*Pseudomonas caryophylli*）resistance in *Dianthus* wild species to carnation. Acta Hort. 454：127-132.

小野崎　隆・池田　広・山口　隆・姫野正巳・天野正之・柴田道夫．2002. 萎凋細菌病抵抗性中間母本‘カーネーション農 1 号’の育成とその特性．園学研．1：13-16.

Onozaki, T., N. Tanikawa, M. Taneya, K. Kudo, T. Funayama, H. Ikeda and M. Shibata. 2004. A RAPD-derived STS marker is linked to a bacterial wilt（*Burkholderia caryophylli*）resistance gene in carnation. Euphytica 138：255-262.

Onozaki, T., T. Yamaguchi, M. Himeno and H. Ikeda. 1999a. Evaluation of 277 carnation cultivars for resistance to bacterial wilt（*Pseudomonas caryophylli*). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68：546-550.

Onozaki, T., T. Yamaguchi, M. Himeno and H. Ikeda. 1999b. Evaluation of wild *Dianthus* accessions for resistance to bacterial wilt

(*Pseudomonas caryophylli*). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68：974-978.

Rajapakse, S. 2003. Progress in application of molecular markers to genetic improvement of horticultural crops. Acta Hort. 625：29-36.

杉浦直樹・辻 孝子・藤井 潔・加藤恭宏・坂 紀邦・遠山孝通・早野由里子・井澤敏彦. 2004. 水稲病害抵抗性付与のための連続戻し交雑育種における DNA マーカー選抜の有効性の実証. 育学研. 6：143-148.

竹内善信・加藤 浩・根本 博・太田久稔・佐藤宏之・平山正賢・平林秀介・出田 収・青木法明・坂井 真・蛯谷武志・田口文緒・山本敏央・矢野昌裕・井辺時雄・安東郁男. 2008. コシヒカリと同質の遺伝的背景を持つ極早生の水稲品種「コシヒカリ関東ＨＤ１号」の育成. 作物研報. 9：1-25.

宇田 明. 2010. カーネーションをつくりこなす. p.73. 農山漁村文化協会. 東京.

Veen, H. 1979. Effects of silver on ethylene synthesis and action in cut carnation. Planta 145：467-470.

Yagi, M., T. Onozaki, M. Taneya, H. Watanabe, T. Yoshimura, T. Yoshinari, Y. Ochiai and M. Shibata. 2006. Construction of a genetic linkage map for the carnation by using RAPD and SSR markers and mapping quantitative trait loci (QTL) for resistance to bacterial wilt caused by *Burkholderia caryophylli*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75：166-172.

八木雅史・小野崎 隆・谷川奈津・柴田道夫. 2006. カーネーションの萎凋細菌病抵抗性育種における DNA マーカー選抜の有効性の実証 . 園学研. 5：241-245.